Efecto de suplementación proteico-energética en la degradabilidad ruminal *in situ* de la FDN y MO del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bucerros *Bubalus bubalis*

J.R. López, A. Elías, Denia Delgado, R. González, Lucía Sarduy y Marbelis Domínguez
Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico:jrlopez@ica.co.cu

Se utilizaron cuatro bucerros machos (*Bubalus bubalis*) de la raza Bufalipso, con 175 ± 5 kg de peso vivo, canulados en rumen. Se aplicó un diseño cuadrado latino 4 x 4, con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la degradación microbiana ruminal *in situ* de la FDN y MO del forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Se utilizaron cuatros tratamientos con diferentes cantidades de suplementación proteico-energética en la dieta: 0 (control), 3, 6 y 9 g kg PV^{-1}, ofrecidos una vez al día. La degradación ruminal de la FDN y la MO del forraje mostró los valores más altos ($P < 0.05$) con el aumento del tiempo de incubación para los tratamientos con suplementación proteico-energética con respecto al control, a partir de las 24 h. La suplementación tuvo efecto en el incremento de la tasa de degradación de la FDN (0.018, 0.027, 0.029 y 0.030 Fracción h-1) y disminución del tiempo de colonización o fase "lag" (2.8, 2.2, 2.1, 2.0 h) para los tratamientos con 0, 3, 6 y 9 g kg PV-1, respectivamente. Sin embargo, la tasa de degradación de la MO fue mayor para los tratamientos con suplementación (2.8, 2.6, 2.2), para 9, 6, 3 g kg PV^{-1} con respecto al tratamiento sin suplementación (1.9). La degradabilidad efectiva fue mayor en los tratamientos suplementados con respecto al control, para la FDN y MO del forraje evaluado. Se establecieron ecuaciones de regresión múltiples que permiten describir el proceso de degradación de la MS, FDN y MO con la relación FDN N^{-1} consumido en la dieta y el tiempo (t) en rumen. Los resultados demuestran el efecto positivo de suplementados con cantidades crecientes de concentrado, hasta 9 g kg PV^{-1} en la dieta de bucerros alimentados con pastos estrella. Esto pudiera contribuir al incremento de la actividad productiva de bucerros en las condiciones actuales de crianza.

Palabras clave: *bucerros bufalipso, degradabilidad efectiva, concentrado proteico-energético*

Históricamente ha existido el criterio generalizado del buen comportamiento de la especie bubalina en condiciones que resultan adversas para otros herbívoros, específicamente en áreas de alimentos de baja calidad y gramíneas nativas (Sonia *et al*. 1998). Ante estas circunstancias se han desarrollado actualmente sistemas de producción donde predominan los pastos naturales y las dietas desbalanceadas (López 2009).

La alimentación del bucerro constituye una limitación en sistemas de explotación con forrajes de bajo valor nutritivo, como los que predominan en la región tropical, donde se destacan las bajas tasas de crecimiento pre y post destete, relacionadas con los aspectos de nutrición y manejo (Berroterán *et al*. 1998).

Muchos resultados científicos avalan la importancia de la suplementación estratégica proteico-energética como una opción válida para suministrar al animal los nutrientes necesarios para su desarrollo y producción. Esta suplementación, al mejorar la disponibilidad de los nutrientes limitantes para los procesos fermentativos en el rumen, incrementa consecuentemente la productividad animal (Elías 1983, Martínez y García 1983 y Hoover y Stokes 1991). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación estratégica con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la degradación microbiana ruminal *in situ* de la FDN y MO del forraje de pasto estrella en bucerros (*Bubalus bubalis*).

Materiales y Métodos

Se utilizaron cuatro bucerros (*Bubalus bubalis*) de la raza Bufalipso, con 175 ± 5 kg de peso vivo, canulados en rumen y alojados en cubículos individuales con libre acceso al agua potable y los alimentos. Los animales se alimentaron con forraje fresco de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a voluntad y con diferentes niveles de concentrado, ofrecido una vez al día. El concentrado se formuló sobre base seca, con 67, 4 % de maíz, 30 % de soya, 1.0 % de sal, 1.0 % de premezcla mineral y 0.6 % de fosfato dicálcico. La composición química de los alimentos se muestra en la tabla 1.

Tratamientos y diseño. Se utilizó un tratamiento control (0 g kg PV^{-1}) y diferentes cantidades de suplementación proteico-energética, con 3, 6 y 9 g de concentrado kg PV^{-1}. La dieta de concentrado se ajustó para cada período experimental, según tratamiento y peso del animal. Se utilizó un diseño cuadrado latino 4 x 4.

Procedimiento experimental. La determinación de la degradabilidad ruminal de la MO y la FDN del material vegetal evaluado se realizó según el procedimiento de las bolsas de nailon o *in situ*, descrito por Mehrez y Orskov (1977).

Los períodos experimentales fueron de 14 d de adaptación a la dieta y cuatro días de muestreo. Se pesaron en bolsas de nailon (14.0 x 8.5cm), con porosidad de 48 µm, 5 g de muestra de forraje seco de pasto estrella por duplicado para cada horario de incubación y animal (tabla 2). Las bolsas se incubaron en el rumen durante 8, 12, 24, 48 y 72 h postalimentación. Una vez extraídas del rumen, se lavaron de forma manual hasta que el agua quedó clara y transparente. Posteriormente se secaron en estufa, con circulación de aire a 60 ºC durante 72 h. La

Tabla 1. Composición química de la dieta de los animales en experimentación (%)

Indicadores	Forraje	Concentrado
PB	7.2 ± 0.1	20.2 ± 0.2
MO	90.7 ± 0.1	92.9 ± 0.3
FDN	77.6 ± 0.1	23.2 ± 0.1
FDA	39.5 ± 0.2	13.1 ± 0.1
Cenizas	9.3 ± 0.1	7.1 ± 0.1
EM (MJ kg MS^{-1})	7.8	12.2

diferencia entre el peso inicial de la muestra colocada en las bolsas de nailon y el peso del residuo después de la incubación ruminal se utilizó para determinar la MS degradada en el rumen. Los residuos de las bolsas, correspondientes a las dos repeticiones de cada tiempo de incubación de un mismo animal, se molieron hasta alcanzar tamaño de partícula de 1 mm. Se conformó una muestra homogénea. A todos los residuos se les determinó el contenido de MO y FDN.

Estimación de la degradación. La estimación de la degradación ruminal *in situ* de la MO y la FDN se realizó mediante el programa NEWAY Excel, según Chen (1997). Para determinar las características de la degradación se utilizó el modelo exponencial propuesto por Orskov y McDonald (1979). Se asumió que la curva de degradación de la MO (DMO) en el tiempo sigue un proceso cinético de primer orden y descrito como sigue:

P = A para t0 = 0

$P = a + b\,(1 - e^{-ct})$ t > t0

La degradación de la FDN se describe según Dhanoa (1988), a partir de la siguiente fórmula:

P =A para t=t0

$P = a + b\,(1 - e^{-c(t-L)})$ t > t0

Donde:

- P: Degradación ruminal. Es la degradación ruminal del indicador evaluado en el tiempo "t "de permanencia en el rumen.
- a: Intercepto
- b: Fracción que se degrada en el tiempo t.
- c: Tasa de degradación de la fracción "b".
- t: Tiempo de incubación.

Tabla 2. Composición química del forraje de pasto estrella evaluado en la degradabilidad ruminal *in situ* (% MS).

Indicadores	Forraje
PB	6.4
MO	91.7
FDN	70.1
FDA	38.2
Cenizas	8.3
EM (MJ kg MS^{-1})	7.8

- L: Tiempo de latencia o "lag" (horas).
- A: Fracción rápidamente soluble. Se obtuvo mediante la incubación de la muestra en un baño de agua a 39 ºC durante 30 minutos.

Para la determinación de la degradabilidad efectiva ruminal (DE) se utilizó el modelo de McDonald (1981).

$$DE = A + \left(\frac{Bc}{C+k}\right)$$

Donde:

- k: Tasa fraccional de pasaje ruminal. Se asume k = 0.044 (NRC 1989).
- B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable. (B = (a+b) – A) (Orskov 2002).

La comparación de la degradación ruminal entre tratamientos se realizó mediante el procedimiento RUMENAL (Correa 2004).

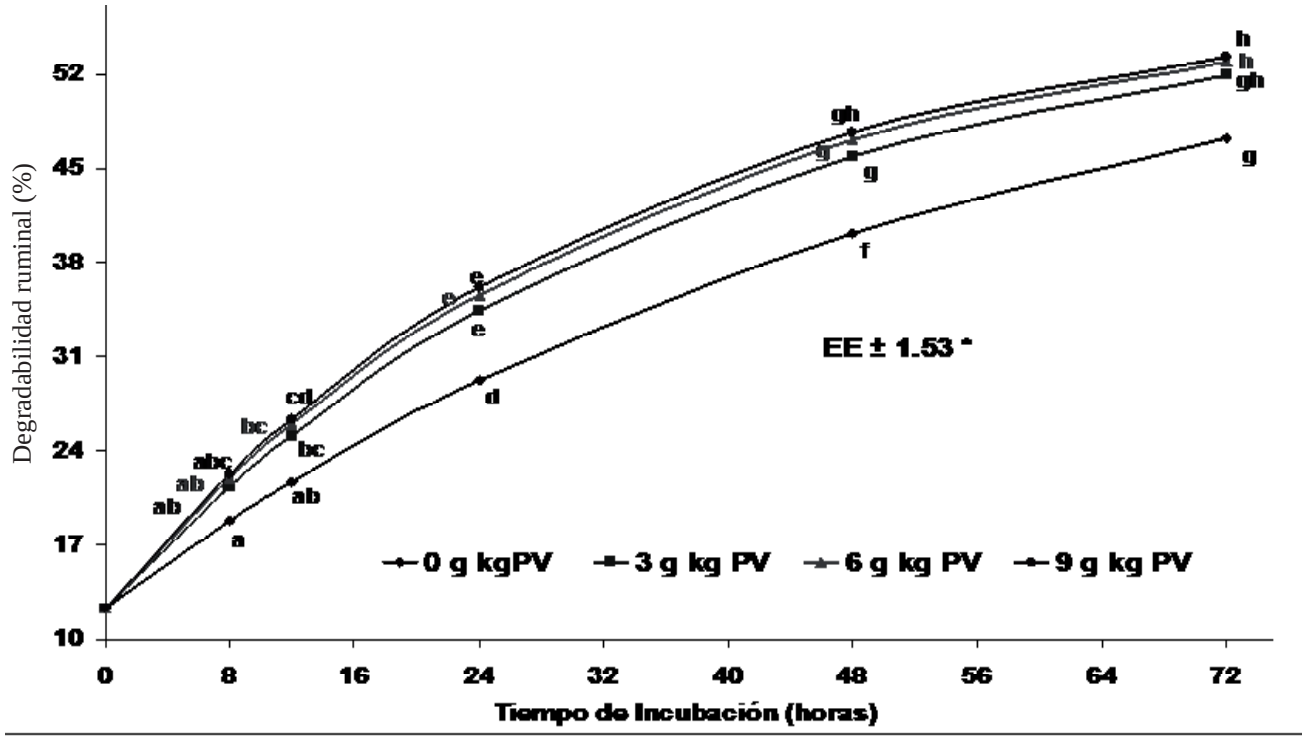
Análisis químicos. Los análisis correspondientes a la MO se realizaron según AOAC (1995). Para las determinaciones de la FDN se procedió según Goering y van Soest (1970).

Análisis estadístico. Los análisis estadísticos para la comparación de medias de los tratamientos de cada tiempo de incubación y entre las medias de cada tratamiento se realizaron mediante el procesador estadístico InfoStat (Balzarini *et al*. 2001). En los casos necesarios se utilizó la dócima de rango múltiple de Duncan (1955) para la comparación de las medias. Se ajustaron ecuaciones de regresión múltiples para la degradabilidad ruminal de la MS, FDN y MO con la relación FDN N^{-1} y el tiempo.

Resultados y Discusión

Al analizar los resultados se comprobó que el aumento de la suplementación proteico-energética (hasta 9 g kg PV^{-1}) en la dieta de bucerros tuvo efecto en la degradación de la FDN y la MO del forraje de pasto estrella.

La suplementación con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la dieta de bucerros mostró efecto positivo en la cinética de degradación ruminal *in situ* de la FDN (DFDN) del pasto estrella (figura 1). Se observó mayor ($P < 0.05$) degradación de la FDN con el aumento del tiempo de incubación para los tratamientos con suplementación con respecto



[abcdefgh] Medias con letras diferentes difieren a P < 0.05 (Duncan 1955) * P<0.05

Figura 1. Efecto de la suplementación proteico-energética en la cinética de DFDN del pasto estrella en bucerros.

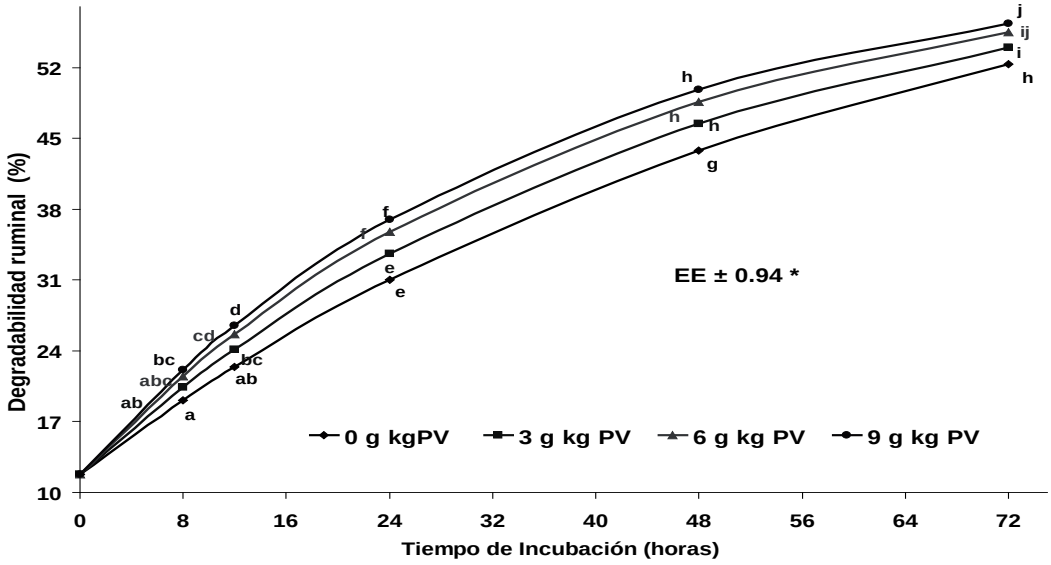
al control, a partir de las 24 h. El aumento de la DFDN del forraje de pasto estrella, obtenido con la suplementación, pudiera vincularse con lo planteado por Hardy y Cruz (1979), Elías (1983) y Souza *et al*. (2000) acerca del efecto de la suplementación proteico energética en el incremento de la utilización de la ración y la mejora en la actividad celulolítica ruminal.

Consecuentemente, el aumento de la degradabilidad de la FDN del forraje de pasto estrella pudiera asociarse con los resultados obtenidos por López *et al*. (2009), quien informó mayor cantidad de biomasa bacteriana en rumen de bucerros suplementados con concentrado proteico-energético. Esto estaría relacionado con lo planteado por Cheng *et al*. (1991), quienes afirman que el incremento de la biomasa bacteriana favorece la capacidad degradativa de la fracción fibrosa del pasto, ya que este grupo de microorganismos es más representativo de la biomasa microbiana y de mayor actividad metabólica ruminal.

Al ofrecer una dieta con altos niveles de FDN, se favorecieron los procesos de rumia y masticación, según García y Kalscheur (2006). En este sentido, la rumia y la masticación aumentan la reducción del tamaño de las partículas y con ello la acción de los microorganismos, con el consecuente incremento de la capacidad degradativa de los nutrientes del pasto. Este resultado es compatible, a su vez, con la estabilidad en los valores de pH en el rumen de bucerros (López *et al*. 2009) y con el equilibrio entre la producción de protones (H+) y la neutralización de estos a través de la capacidad amortiguadora del medio ruminal, debido fundamentalmente a la cantidad de saliva segregada. Esta contribuye a la mayor proporción de la capacidad amortiguadora del rumen, principalmente, por la presencia de iones fosfatos y bicarbonatos según Calsamiglia y Ferret 2002).

La cinética de degradación ruminal *in situ* de la MO (DMO) del material evaluado (figura 2) mantuvo un comportamiento similar para todos los tratamientos. La DMO aumentó ($P < 0.05$) con el incremento de la cantidad de concentrado proteico-energético en la dieta y el tiempo de incubación en rumen. Los tratamientos con suplementación, 6 y 9 g kg PV^{-1}, mostraron los valores más altos de degradación a las 24 h ($P < 0.05$).

Con respecto a las características de los parámetros de la degradación ruminal de la FDN y MO del pasto estrella en bucerros, se debe destacar que en todos los indicadores evaluados la fracción soluble (A) no varió, ya que el sustrato incubado fue el mismo (tabla 3). Sin embargo, Martínez (2006) indicó que la fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) depende, en gran medida, del tiempo de permanencia del alimento en rumen. Se encontró que este indicador disminuyó con la inclusión de concentrado en la dieta, lo que se pudiera relacionar con la mejora de las condiciones del ambiente ruminal con el aporte del PB y EM del concentrado. Estos resultados se corresponden con los referidos por Rotger *et al*. (2006).



abcdefghij Medias con letras diferentes difieren a P<0.05 (Duncan 1955) * P<0.05

Figura 2. Efecto de la suplementación proteico-energético en la cinética de DMO del pasto estrella en bucerros.

Tabla 3. Características de los parámetros de la DFDN y DMO del pasto estrella en bucerros suplementados con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético

Parámetros		Concentrado g kg PV^{-1}			
		0	3	6	9
FDN	A %	12.4	12.4	12.4	12.4
	B %	48.0	46.1	46.2	46.2
	c Fracción h^{-1}	0.018	0.027	0.029	0.030
	L h	2.8	2.2	2.1	2.0
	EE ± y Sig.	4.57*	2.54***	3.39***	2.68***
	R^2	91.03	97.04	95.54	96.69
MO	A %	11.8	11.8	11.8	11.8
	B %	57.4	53.1	51.6	51.4
	c Fracción h^{-1}	0.019	0.022	0.026	0.028
	EE ± y Sig.	2.87**	2.21***	1.23***	1.85***
	R^2	95.66	97.73	99.31	98.43

EE: Error estándar, Sig: Significación, R^2: Coeficiente de determinación pertenecientes al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979) y Dhanoa (1988) para cada tratamiento, para la DFDN y DMO, respectivamente

Se constató que el aumento del concentrado en la dieta de bucerros provocó incremento de la tasa de degradación (c) en 1.8 a 3.0 % h^{-1} y 1.9 a 2.8 % h^{-1} para la DFDN y DMO del forraje de pasto estrella en bucerro, respectivamente (tabla 3). Resultados similares informaron Maeda *et al*. (2007), al evaluar diferentes niveles de concentrado en la dieta de bubalinos y vacunos.

En este trabajo se ajustaron las siguientes ecuaciones de regresión múltiples para la degradación de la MS, FDN y MO con la relación FDN N^{-1} consumido en la dieta y el tiempo (t) en rumen. Las ecuaciones se caracterizaron por presentar altos coeficientes de determinación (R^2), alta significación, bajos errores estándar (EE) de estimación y cuadrados medios de error (CME) y distribución adecuada de los residuos. Estas ecuaciones permiten describir cómo a medida que aumentó la suplementación estratégica proteico-energética en la dieta hasta 9 g kg PV^{-1}, la relación FDN N^{-1} de la dieta se hace más estrecha. Esto permitió mejorar las condiciones del ambiente ruminal de bucerros y con ello, los procesos de degradación de nutrientes del pasto.

Las respuestas obtenidas pudieran ser el resultado del conjunto de reacciones bioquímicas que se establecen en el rumen de bucerros, dadas por el aporte energético y proteico del concentrado como complemento a dietas deficitarias de nutrientes. De este modo mejora el aporte de energía-proteína, el crecimiento microbiano y la degradación de los nutrientes (McAllister *et al*. 1994 y

Suárez *et al*. 2007). Wanapat y Chanthakhoun (2009) y Wanapat *et al*. (2009) informaron respuestas similares en estudios desarrollados con búfalos y vacunos.

DMS = 26.61 - 0.18 (± 0.03) FDN N-1 + 0.53 (± 0.01) t

(R^2 0. 94; Sign: ***; EE de estimación = ± 3.21; CME= 10.33)

DFDN = 29.30 - 0.19 (± 0.04) FDN N-1 + 0.53 (± 0.02) t

(R^2 0.89; Sign: ***; EE de estimación = ± 4.53; CME= 20.53)

DMO = 25.62 – 0.17 (± 0.03) FDN N-1 + 0.54 (± 0.02) t

(R^2 0.94; Sign: ***; EE de estimación = ± 3.34; CME= 11.17)

Las ecuaciones de regresión obtenidas se pudieran utilizar como elementos teóricos para establecer estrategias de suplementación adecuadas, cuando se utilice pasto de bajo valor nutritivo en bucerros, e incluso, pudieran ser de referencia para el empleo de subproductos agroindustriales, residuos de cosecha, entre otras alternativas de alimentación local que se pudieran utilizar como suplementos nutricionales.

La suplementación estratégica con concentrado proteico-energético hasta 9 g kg PV^{-1} favoreció la actividad de degradación de los nutrientes del pasto estrella a diferencia del tratamiento control. Se recomienda la suplementación proteica-energética a bucerros para las condiciones de explotación de Cuba. Se sugiere además, fomentar investigaciones que permitan recomendar un nivel más adecuado desde el punto de vista biológico y económico.

Referencias

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. Ass. Off. Agric. Chem. Washington, D.C.

Balzarini, G.M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., González, L. A. & Robledo, C.W. 2001. InfoStat. Software estadístico. Manual del usuario. Versión 1. Córdoba Argentina.

Berroterán, L., Birbe, B., Herrera, P., Colmenares, O., Martínez, N., Reggeti, F. & Reggeti, J. 1998. Suplementación de bucerros predestetes con bloques multinutricionales. Suplemetación a partir de los 37 días de edad. The Buffalo: A Alternative for animal agriculture in third millennium. VI World Buffalo Congreso.

Calsamiglia, S. & Ferret, A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. En: XVIII curso de especialización FEDNA. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal. Eds. P. Ga. Rebollar, C. De Blas y G.G. Mateos. Madrid, España.

Chen, B. 1997. NEWAY Excel. An excel application program for processing feed degradability data. Rowett Research Institute. Bucksburn. Reunio Unido. Disponible: <http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/software/Test.xls> [Consultado: 5 de agosto 2008]

Cheng, K.J., Furseberg, C. W., Minato, H. & Costerton, I. W. 1991. Microbial physiology and ecology of feed degradation within the rumen. Eds. T. Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima. Physiological aspect of digestion and metabolism in ruminats. Academic Press. Toronto, Otario. Canada.

Correa, H. J. 2004. RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. Rev. Col. Cienc. Pec. Vol. 17:250

Dhanoa, M.S. 1988. On the analyses of dacron bag data for low degradability feeds. Grass and Forage Sci. 43: 441

Duncan, D.B. 1955. Múltiple range and múltiple F. Biometrics. 11: 1

Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales. En: Los pastos en Cuba. Utilización. Tomo II. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Pp. 187-246

García, A. & Kalscheur, K. 2006. Tamaño de particular y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras College of Agriculture and Biological Sciences. South Dakota State University. USA. Disponible: <http://agbiopubs.sdstate. edu/articlesxEx4033S .pdf.> [Consultado: 5 agosto 2010]

Goering, H.K. & van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). US Department of Agriculture. Agricultural Handbook. p. 379

Hardy, C. & Cruz, R. 1979. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la actividad celulolítica ruminal de animales alimentados con forraje de pangola. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 13: 299

Hoover, W.H. & Stokes, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J. Dairy Sci. 74:3630

López, J. R. 2009. Efecto de la suplementación con concentrado en indicadores de la fisiología digestiva y consumo de nutrientes en bucerros (*Bubalus bubalis*) alimentados con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Dr. Cs. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.140 pp.

López, J. R., Elías, A., Delgado, Denia., González, R. & Sarduy, L. 2009. Efecto de la suplementación con concentrado en la degradabilidad ruminal *in situ* de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bucerros (*Bubalus bubalis*)

Maeda, E., Zeoula, L., Valério, L.J., Best, J., Nunes, I., Nunes, E. & Kazama, R. 2007. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. R. Bras. Zootec. 36:716

Martínez Marín, A. 2006. Aportes de Proteína en Vacuno De Leche. Disponible: <http://www.engormix.com/aportes_proteina_vacuno_leche_s_articulos_1099_GDL.ht> [Consultado: 19 de septiembre de 2008]

Martínez, R.O. & García López, R. 1983. Alimentación con concentrados a vacas lecheras en pastoreo. En: Los pastos en Cuba. Utilización. Tomo II. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Pp. 299-330

McAllister, T.A., Bae, H.D., Jones, G. A. & Cheng, K. J. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. J. Anim. Sci. 72:3004

McDonald, I.M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. J. Agric. Sci. 96:251

Mehrez, A.Z. & Orskov, E.R. 1977. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. 88:645

NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington D.C. 157 pp.

Orskov, E. R. 2002. Trails and trails in Livestock Research. Abeerden. Garamond. 204 pp.

Orskov, E. R. & Mc Donald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Cambridge. 92:499

Rotger, A., Ferret, A., Calsamiglia, S. & Manteca, X. 2006. In situ degradability of seven plant protein supplements in heifers fed high concentrate diets with different forage to concentrate ratio. Anim. Feed Sci. Tech. 125:73

Sonia, S., Garg, S.L. & Sindhu, S. 1998. Effect of defaunation on rumen fermentative pattern in buffaloes manteined on high concentrate diet. Haryana Veterinarian 37:53

Souza, N.H., Franzolin, R., Rodríguez, P.H. & Scoton, R.A. 2000. Efeitos de níveis crescentes de fibra em detergente neutro na dieta sobre a fermentação ruminal em bubalinos e bovinos. Ver. Sociedade Brasileira de Zootecnia 29:1553

Suárez, B.J., van Reenen, C.G., Stockhofe, N., Dijkstra, J. & Gerrits, W. J. 2007. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. J. Dairy Sci. 89:4365

Wanapat, M. & Chanthakhoun, V. 2009. Recent advances in rumen ecology, digestion and feeding strategies of swamp buffaloes. Simpósio de Búfalos das Américas, 5. Europe and America´s buffalo Symposium. Brasil. Pp. 27-36

Wanapat, M. Chanthakhoun, V. Cherthong, A. & Khejornsart, P. 2009. A comparative study of rumen ecology in swamp buffalo and beef cattle. In: Proc. Annual Anim. Sci. Faculty of Agric. Khon Kaen University, Thailand. Pp. 115-117

Recibido: 15 de noviembre de 2010